

PAT-NO: JP02003324223A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003324223 A
TITLE: LAMINATED PIEZOELECTRIC ELEMENT
PUBN-DATE: November 14, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KANEKO, TAKU	N/A
KAWAHARA, NOBUAKI	N/A
KOBAYASHI, MASAYUKI	N/A
YAMAMOTO, TAKASHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DENSO CORP	N/A

APPL-NO: JP2002130085

APPL-DATE: May 1, 2002

INT-CL (IPC): H01L041/083

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminated piezoelectric element wherein stress is hardly concentrated in boundaries between a driving part and not-driving parts, the stress destruction of a piezoelectric stack which is caused by stress concentration hardly occurs, and superior durability and reliability are ensured.

SOLUTION: Pressing members 21, 22 which are constituted so as to transmit loads to the piezoelectric stack 10 are arranged on both end surfaces 103, 104 in the lamination direction of the piezoelectric stack 10, abut against both the end surfaces 103, 104 of the piezoelectric stack 10 at the

boundaries
between the driving part 151 and the not-driving parts 152, and do
not abut
against both the end surfaces 103, 104 of the piezoelectric stack 10
at
projection points wherein positions of centers of gravities of
internal
electrode layers 11, 12 at a surface perpendicularly intersecting the
lamination direction of the piezoelectric stack 10 are projected on
both the
end surfaces 103, 104 in the lamination direction of the
piezoelectric stack
10.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-324223

(P2003-324223A)

(43)公開日 平成15年11月14日 (2003.11.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 L 41/083

識別記号

F I

H 01 L 41/08

マーク+^{*}(参考)

S

N

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2002-130085(P2002-130085)

(22)出願日 平成14年5月1日 (2002.5.1)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 金子 卓

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 川原 伸章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74)代理人 100079142

弁理士 高橋 祥泰 (外1名)

最終頁に続く

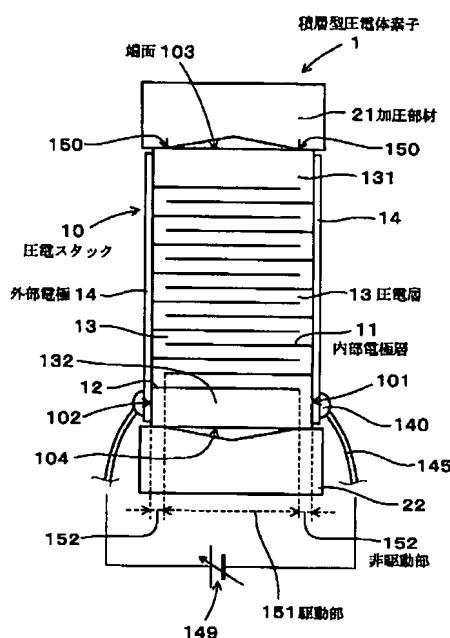
(54)【発明の名称】 積層型圧電体素子

(57)【要約】

【課題】 駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供すること。

【解決手段】 圧電スタック10の積層方向の両端面103、104には、該圧電スタック10に対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材21、22をそれぞれ設けてなり、また上記加圧部材21、22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界において圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材21、22は、上記圧電スタック10の積層方向と直交する面における内部電極層11、12の重心位置を上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104にそれぞれ投影した投影点において圧電スタック10の両端面103、104とそれぞれ当接しない。

(図1)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電層と該圧電層に対し部分電極構成とした内部電極層とを交互に積層した圧電スタックと、該圧電スタックの側面に露出した内部電極層の端面を圧電層一層おきに電気的に導通するよう構成した外部電極とを有し、かつ上記圧電層における積層方向両面に内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮する駆動部と、上記圧電層における積層方向の一方の面にのみ内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部とよりなる積層型圧電体素子であって、上記圧電スタックの積層方向の両端面には、該圧電スタックに対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材をそれぞれ設けてなり、また上記加圧部材は、上記駆動部と上記非駆動部との境界において圧電スタックの両端面にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材は、上記圧電スタックの積層方向と直交する面における内部電極層の重心位置を上記圧電スタックの積層方向の両端面にそれぞれ投影した投影点において圧電スタックの両端面とそれぞれ当接しないことを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項2】 請求項1において、上記圧電スタックは、積層方向の一方の端面から他方の端面に向かって貫通する中空部を備えることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項3】 請求項1または2において、上記圧電スタックの積層方向の両端面において、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、上記加圧部材と対面する上記圧電スタックの端面がなす傾斜角 θ （ラジアン）は、
 $0 < \theta \leq \{ (\text{圧電層1枚の厚さ}) \times (\text{無荷重における圧電層1枚あたりの歪み量}) \times (\text{圧電層の積層枚数}/2) \} / (\text{非駆動部の長さ})$
 の範囲内にあることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項において、上記圧電スタックの積層方向両端面とそれぞれ対向する対向面を上記加圧部材は有してなり、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、圧電スタックの変位が最も大となつた状態での端面に対応する形状を上記対向面が有することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項において、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間にスペーサを設けることを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間に弾性充填材を充填することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項7】 請求項5において、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材及びスペーサとの間に弾性充填材を充填することを特徴とする積層型圧電体素子。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項において、

上記外部電極と上記加圧部材との間は電気的に絶縁することを特徴とする積層型圧電体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、圧電アクチュエータ等に利用する積層型圧電体素子に関する。

【0002】

【従来技術】近年、各種の機械的駆動素子として、電磁力を利用したアクチュエータに代わって、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）などのセラミック系圧電材料を利用した圧電アクチュエータが多用されている。圧電材料における圧電効果による機械的変位は本質的に極めて小さい。このため、電気的に並列になるように、かつ電圧の印加により厚さ方向にかかる伸び方向が一致するよう、数十枚から数百枚程度の圧電材料よりなる圧電層を積層し、変位量を増やした積層型圧電体素子を構成して、これを圧電アクチュエータとして供することができる。

【0003】図15、図16に積層型圧電体素子9の一例を記載する。図15に示すごとく、この積層型圧電体素子9は、圧電層93と該圧電層93に対し部分電極構成とした内部電極層91、92とを交互に積層した圧電スタック90と、該圧電スタック90の側面901、902に露出した内部電極層91、92の端面を圧電層93一層おきに（すなわち内部電極層91のみ、及び92のみを）電気的に導通するよう構成した外部電極94とを有する。

【0004】また、上記積層型圧電体素子9は、上記圧電層93における積層方向両面に内部電極層91、92が接し、上記内部電極層91、92に対する通電により伸縮する駆動部951と、上記圧電層93における積層方向の一方の面にのみ内部電極層91、92が接し、上記内部電極層91、92に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部952とを有する。なお、符合931、932は伸縮しないダミー層である。

【0005】すなわち、図16(a)にかかる図面左側に電極未形成部910を備えた圧電層93と、図16(b)にかかる図面右側に電極未形成部920を備えた圧電層93とを交互に積層することで、圧電スタック90の図面右側にあたる側面901に内部電極層91の端面が露出し、図面左側にあたる側面902に内部電極層92の端面が露する。これらの露出した端面が各側面901、902に設けた外部電極94によって電気的に導通されるのである。上記外部電極94を介して所定の電圧を印加することによって、駆動部951が伸縮し、積層型圧電体素子9が変位を得ることができる。

【0006】

【解決しようとする課題】しかしながら、上記従来構成の積層型圧電体素子9には、次のような問題が生じる。
 すなわち、電圧の印加により駆動部951は伸縮する

が、非駆動部952にかかる圧電層93は電圧が印加されず、伸縮できない。そのため、駆動部951と非駆動部952との境界950に応力が集中し、圧電スタック90におけるクラック、割れ、破壊、デラミネーション発生の原因となる。

【0007】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供しようとするものである。

【0008】

【課題の解決手段】第1の発明は、圧電層と該圧電層に対し部分電極構成とした内部電極層とを交互に積層した圧電スタックと、該圧電スタックの側面に露出した内部電極層の端面を圧電層一層おきに電気的に導通するよう構成した外部電極とを有し、かつ上記圧電層における積層方向両面に内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮する駆動部と、上記圧電層における積層方向の一方の面にのみ内部電極層が接し、上記内部電極層に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部とよりなる積層型圧電体素子であって、上記圧電スタックの積層方向の両端面には、該圧電スタックに対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材をそれぞれ設けてなり、また上記加圧部材は、上記駆動部と上記非駆動部との境界において圧電スタックの両端面にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材は、上記圧電スタックの積層方向と直交する面における内部電極層の重心位置を上記圧電スタックの積層方向の両端面にそれぞれ投影した投影点において圧電スタックの両端面とそれぞれ当接しないことを特徴とする積層型圧電体素子にある（請求項1）。

【0009】第1の発明にかかる積層型圧電体素子は圧電スタックの積層方向両端面に加圧部材をそれぞれ設けてある。この加圧部材によって、圧電スタック積層方向かつ圧電スタック内部に向かう荷重を圧電スタックに印加することができるが、該加圧部材と圧電スタックの両端面に対する接触状態を次のように限定した。すなわち、（1）圧電スタックの積層方向の両端面において加圧部材は駆動部と非駆動部の境界に当接する。また、

（2）内部電極層の重心位置を圧電スタックの積層方向両端面にそれぞれ投影した投影点において上記加圧部材は両端面とそれぞれ当接しない

【0010】（1）及び（2）により、大きな応力が発生する駆動部と非駆動部との境界に対し集中して加圧部材より荷重をかけることができるため、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0011】以上、本発明によれば、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】上記第1の発明（請求項1）において、圧電スタックを構成する圧電層は各種の圧電材料から構成し、内部電極層も各種の電極材料から構成することができる。一例は後述する実施例1に記載したPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）（圧電層）とAg·Pd（内部電極層）である。その他、Ag, Pd, Cu, Pt, Ni, Au及びこれらの合金等からなる電極材料を用いることができる。

10 【0013】また、加圧部材と圧電スタックとが駆動部で当接しないことが好ましいが、非駆動部で当接することはありえる。この場合も第1の発明と同様の効果を得ることができる。

【0014】また、加圧部材は境界以外の場所で対向する圧電スタックの端面に対してへこんだ状態に構成することができる。例えば後述する実施例1に示すように、外周から内周に向けてへこむすり鉢状の凹部を加圧部材に設けて、加圧部材と圧電スタックの端面の外周とが当接し、内周は圧電スタックと当接しないように構成し、

20 境界で加圧部材と当接し、投影点で当接しないように構成することができる。

【0015】また、反対に圧電スタックの両端面にそれぞれすりばち状の凹部を設けて、境界で加圧部材と当接し、投影点で当接しないように構成することもできる（図8参照）。また、加圧部材に凸部を設け、この凸部が圧電スタックの端面における境界で当接するよう構成することもできる（図9参照）。

【0016】また、1つの圧電スタックとその両端面に設けた加圧部材から積層型圧電体素子を構成することもできるが（実施例1など）、複数個の圧電スタックを積層し、それぞれの両端面に加圧部材を設けて積層型圧電体素子を構成することもできる（後述する図12参照）。

30 【0017】また、内部電極層の重心が複数個の場合は、すべての内部電極層の重心位置にかかる投影点において加圧部材は圧電スタックの両端面と当接しない（図3参照）。

【0018】また、上記圧電スタックは、積層方向の一方の端面から他方の端面に向かって貫通する中空部を備えることが好ましい（請求項2）。積層型圧電体素子は駆動することで発熱するが、内部に中空部を設けることでここから熱を外部に放出することができる。発熱によって、積層型圧電体素子の特性変化が発生するおそれがあり、よって中空部から熱を外部に放出することで、特性変化を抑制することができる（図11参照）。

40 【0019】次に、上記圧電スタックの積層方向の両端面において、上記積層型圧電体素子を駆動する際に、上記加圧部材と対面する上記圧電スタックの端面がなす傾斜角θ（ラジアン）は、

$$50 \quad 0 < \theta \leq ((\text{圧電層1枚の厚さ}) \times (\text{無荷重における圧電層の長さ})) / (\text{駆動部の長さ})$$

電層1枚あたりの歪み量) × (圧電層の積層枚数/2)
／(非駆動部の長さ)

の範囲内にあることが好ましい(請求項3)。これにより、応力発生箇所である駆動部と非駆動部との境界に対して確実に荷重を与えることができ、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0020】また、上の式の各値について説明すると、『圧電層1枚の厚さ』は圧電層の平均厚み、『無荷重における圧電層1枚あたりの歪み』は積層型圧電体素子の駆動時に駆動部に生じる厚さ方向の歪みの平均量である。

【0021】また、境界150上の任意の点P1から引いた境界150に対する法線が、圧電スタックの外側(外周)と交わる点をP2とすると、P1とP2との距離を『非駆動部の長さ』とする。また、『傾斜角』は後述する図6における寸法B、Cを用いて、 $0 < |\theta| \leq |C/B|$ とする。

【0022】仮に傾斜角θが、上記関係を満たさない場合は、駆動部と非駆動部との境界に荷重がかからないおそれがあり、応力低減の効果がなくなる、または非常に小さくなるおそれがある。

【0023】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面とそれぞれ対向する対向面を上記加圧部材は有してなり。上記積層型圧電体素子を駆動する際に、圧電スタックの変位が最も大となった状態での端面に対応する形状を上記対向面が有することが好ましい(請求項4)。最も変形が大となるときに、駆動部と非駆動部との境界での応力が最大となる。このときの形状に倣った形に加圧部材の形状を設定することで、駆動部の圧電層のみに荷重がかかることが回避され、駆動部と非駆動部との境界に発生する応力を低減することができる(図7参照)。

【0024】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面と上記加圧部材との間にスペーサを設けることが好ましい(請求項5)。これにより、応力発生箇所に集中して荷重がかかるようにすることができ、応力を低減することができる(図12参照)。

【0025】次に、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材との間に弾性充填材を充填することが好ましい(請求項6)。また、上記圧電スタックの積層方向両端面と加圧部材及びスペーサとの間に弾性充填材を充填することが好ましい(請求項7)(図13参照)。これにより、圧電スタック、加圧部材、スペーサとの間が固定され、これらの部材の間での位置ズレが生じ難くなる。

【0026】次に、上記外部電極と上記加圧部材との間は電気的に絶縁することが好ましい(請求項8)。これにより、電気的短絡による積層型圧電体素子の機能停止を防止することができる。

【0027】

【実施例】以下に、図面を用いて本発明の実施例について説明する。

(実施例1) 本例の積層型圧電体素子について、図1～図6を用いて説明する。図1に示すごとく、本例の積層型圧電体素子1は、圧電層13と該圧電層13に対し部分電極構成とした内部電極層11、12とを交互に積層した圧電スタック10と、該圧電スタック10の側面101、102に露出した内部電極層11、12の端面を圧電層13の一層おきに電気的に導通するよう構成した外部電極14とを有し、かつ上記圧電層13における積層方向両面に内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮する駆動部151と、上記圧電層13における積層方向の一方の面にのみ内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮が実質的に生じない非駆動部152とよりなる。

【0028】図1～図5に示すごとく、上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104には、該圧電スタック10に対し荷重を伝達するよう構成した加圧部材21、22をそれぞれ設けて、また上記加圧部材21、22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界150において圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ当接し、かつ上記加圧部材21、22は、上記圧電スタック10の積層方向と直交する面における内部電極層11、12の重心位置G1、G2を上記圧電スタック10の積層方向の両端面103、104にそれぞれ投影した投影点G10、G20において圧電スタック10の両端面103、104とそれぞれ当接しない。

【0029】以下、詳細に説明する。本例の積層型圧電体素子1は圧電アクチュエータである。図1～図5に示すごとく、本例の積層型圧電体素子1は、圧電スタック10と該圧電スタック10の上下の端面103、104に当接して配置した加圧部材21、22とよりなる。圧電スタック10は、PZT(ジルコン酸チタン酸鉛)よりなる圧電層13とAg・Pdよりなる内部電極層11、12とを交互に積層し、また積層方向の両端は圧電スタック10に対する通電時に伸縮しないダミー層131、132を積層する。内部電極層11、12は部分電極構成であり、内部電極層11、12の端面は圧電スタック10の側面101に、内部電極層12の端面は側面102に露出する。

【0030】また、上記積層型圧電体素子1は、上記圧電層13における積層方向両面が内部電極層11、12により挾持され、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮する駆動部151と、上記圧電層13における積層方向の一方の面にのみ内部電極層11、12が接し、上記内部電極層11、12に対する通電により伸縮しない非駆動部152とを有する。

【0031】すなわち、図2(a)にかかる図面左側に

電極未形成部110を備えた圧電層13と、図2(b)にかかる団面右側に電極未形成部120を備えた電極層13とを交互に積層することで、図1に示すごとく、圧電スタック10の団面右側にあたる側面101に内部電極層11の端面が露出し、団面左側にあたる側面102に内部電極層12の端面が露出する。これらの露出した端面が各側面101、102に設けた外部電極14によって電気的に導通されるのである。

【0032】また、外部電極14には、図1、図5に示すごとく、導電性接着剤140によりリード線145を取り付け、このリード線145を外部電源149に接続する。この外部電源149によって圧電スタック10に電圧が印加されるのである。

【0033】次に加圧部材21、22は積層型圧電体素子1に荷重を印加する目的から設けてある部材で、アルミナ製である。加圧部材21、22は、図4に示すごとく、圧電スタック10の端面103、104に積層可能な略直方体のブロックよりなり、圧電スタック10の端面103、104との対向面は断面V字の凹部210を有する。また、圧電スタック10の端面103を上から見下ろすと図3に示すような状態となる。内部電極層11、12の形状から、端面103において両端に非駆動部152が、非駆動部152の間が駆動部151となる。

【0034】そして、非駆動部152と駆動部151との境界150（境界150は内部電極層11、12と未形成部110、120との境界を圧電スタック10の端面103に投影した位置に相当する）及び非駆動部152に対して上記加圧部材21が当接する。すなわち、加圧部材21の対向面は図4に示すごとく両端が盛り上がり、真ん中がへこんでおり、盛り上がった両端において、端面103と当接する。また、上記圧電スタック10において、各内部電極層11、12の重心位置G1、G2を端面103に投影した点がG10やG20であるが、この部分で加圧部材21は接していない。なお、端面104と加圧部材22も同様である。

【0035】次に、上記傾斜角θについて説明する。図6は圧電スタック10の端面103近傍の駆動前、駆動中の状態を図示した。図6(a)にかかるAは（圧電層1枚の厚さ）×（圧電層の積層枚数/2）であり、Bは（非駆動部の長さ）である。図6(b)にかかるCは（圧電層1枚の厚さ）×（無荷重における圧電層1枚あたりの歪み）×（圧電層の積層枚数/2）である。そしてθが傾斜角である。

【0036】そして、傾斜角θ（ラジアン）は、 $0 < \theta \leq 1$ （圧電層1枚の厚さ）×（無荷重における圧電層1枚あたりの歪み）×（圧電層の積層枚数/2）/（非駆動部の長さ）という条件を満たす値を有する。本例にかかる積層型圧電体素子1は、圧電層13の厚さ100μm、内部電極層11、12の厚さ約1μm、圧電層1

3の積層枚数50枚、無荷重における圧電層1枚あたりの歪み0.1μmで、非駆動部の長さ500μm、傾斜角θ（ラジアン）は 5×10^{-7} となり、上記条件を満たす。

【0037】次に、本例の作用効果について説明する。本例の積層型圧電体素子1は圧電スタック10の積層方向両端面103、104に加圧部材21、22をそれぞれ設けてある。この加圧部材21、22によって、積層方向で内部に向かう荷重を圧電スタック10に印加することができるが、該加圧部材21、22と圧電スタック10の両端面103、104に対する接触状態を次のように限定した。すなわち、(1) 圧電スタック10の積層方向の両端面103、104において加圧部材21、22は駆動部151と非駆動部152の境界150に当接する。また、(2) 内部電極層11、12の重心位置G1、G2を圧電スタック10の積層方向両端面103、104にそれぞれ投影した投影点G10、G20において両端面103、104とそれぞれ当接しない。

【0038】(1)及び(2)により、大きな応力が発生する駆動部151と非駆動部152との境界150に対し集中して加圧部材21、22より荷重をかけることができるため、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0039】さらに、上記積層型圧電体素子1を駆動する際に、上記加圧部材21、22と対面する上記圧電スタック10の端面103、104がなす傾斜角θ（ラジアン）が上述した関係を満たすため、応力発生箇所である駆動部151と非駆動部152との境界150に対して確実に荷重を与えることができ、圧電的に活性な部分と不活性な部分との間に生じる歪みや応力の急激な増加を低減することができる。

【0040】以上、本例によれば、駆動部と非駆動部との境界に応力が集中し難く、応力集中による圧電スタックの応力破壊が生じ難い、優れた耐久性と信頼性を備えた積層型圧電体素子を提供することができる。

【0041】(実施例2) 本例にかかる積層型圧電体素子1は、図7に示すごとく、圧電スタック10の両端面103、104にそれぞれ対面する加圧部材21、22の対向面219、229の形状が圧電スタック10の駆動中に両端面103、104がもっとも変形した状態での形状に対応する。つまり、本例の積層型圧電体素子1は、図7には駆動前の状態を記載したが、駆動時には、圧電スタック10と加圧部材21、22との間に隙間が埋まって、変形した圧電スタック10の両端面103、104と加圧部材21、22の対向面219、229とが全面的に当接する。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。

【0042】このような形状の加圧部材21、22を用いることで、最も変形が大となるときに、駆動部151

と非駆動部152との境界での応力が最大となる。このときの形状に倣った形に加工部材21, 22の形状を設定することで、駆動部151の圧電層13のみに荷重がかかることが回避され、駆動部151と非駆動部152との境界150に発生する応力を低減することができる。その他詳細は実施例1と同様の作用効果を有する。

【0043】(実施例3) 本例にかかる積層型圧電体素子1は、図8に示すごとく、圧電スタック10の両端面103, 104に外周から内周に向かってへこむようなすり鉢型の凹部105を有する。また圧電スタック10の両端面103, 104に配設する加圧部材21, 22の、端面103, 104への対向面は平面状である。

【0044】よって、上記加圧部材21, 22は、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界において圧電スタック10の両端面103, 104に当接し、かつ上記加圧部材21, 22は、内部電極層11, 12の重心位置を両端面103, 104にそれぞれ投影した投影点において当接しない。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。また、実施例1と同様の作用効果を有する。

【0045】(実施例4) 本例にかかる積層型圧電体素子1は、図9、図10に示すごとく、圧電スタック10の両端面103, 104に設ける加圧部材21, 22が足つき形状を有する。すなわち、図9、10に示すごとく、端面103, 104と対向する面に駆動部151と非駆動部152の境界に沿った形状の凸部210, 220を設ける。これにより、上記駆動部151と上記非駆動部152との境界150及びその外側で両端面103, 104に当接し、かつ上記加圧部材21, 22は、内部電極層11, 12の重心位置を両端面103, 104にそれぞれ投影した投影点において積層方向両端面103, 104と当接しない。

【0046】図9は凸部210, 220を加圧部材21, 22に別体として設けた、つまり同じ材料からなる凸部用の部材を貼り付けて構成したものについて記載した。図10は凸部210, 220を加圧部材21, 22と一緒に構成したものについて記載した。なお、図10にかかる加圧部材21, 22は、圧電セラミック10の側面を覆うようなガイド部218, 228も備えている。その他詳細は実施例1と同様の構成を有する。また、本例にかかる積層型圧電体素子1も実施例1と同様の作用効果を有する。

【0047】(実施例5) 本例の積層型圧電体素子1は、積層方向に貫通する中空部109を備えた圧電スタック10よりなる。図11(a), (b)に示すごとく、圧電スタック10の中心に断面が円形の中空部109があり、圧電スタック10の両端面103, 104にこの中空部109は開口する。また、加圧部材21, 22の形状は実施例1と同様で、駆動部151と非駆動部152との境界150に対して当接する状態も実施例1

と同様となる。その他詳細は実施例1と同様の構造を有する。

【0048】積層型圧電体素子1は駆動することで発熱するが、内部に中空部109を設けることでここから熱を外部に放出することができる。発熱によって、積層型圧電体素子1の特性変化が発生するおそれがあり、よって中空部109から熱を外部に放出することで、特性変化を抑制することができる。その他詳細は実施例1と同様の作用効果を有する。

10 【0049】(実施例6) 本例は複数の圧電スタック30の間にスペーサ33を挟んで、積層方向のもっとも端部側にある圧電スタック30の端面303, 304について加圧部材31, 32を積層構成した積層型圧電体素子3である。図12に示すごとく、加圧部材31と32との間に、圧電スタック30をスペーサ33を介して3つ積層した。圧電スタック30の外部電極34にはいずれもリード線345が導電性接着剤340を用いて接着され、通電により各圧電スタック30が積層方向に伸縮するように直列に接続されている。各圧電スタック30の構成は実施例1と同様である。

20 【0050】また、各圧電スタック30の両端面303, 304に対する加圧部材31, 32の当接状態も、実施例1と同様に、駆動部151と非駆動部152との境界150で当接し、内部電極層の重心位置を両端面303, 304に投影した投影点に当接しないという状態である。その他詳細は実施例1と同様の構成である。

【0051】本例にかかるような複数の圧電スタック30をスペーサーを介在して積層した積層型圧電体素子3は、応力発生箇所に集中して荷重がかかるようにすることができ、より応力を低減することができる。

30 【0052】なお、図13に示すごとく、圧電スタック30と加圧部材31, 32、圧電スタック30とスペーサ33との間を樹脂製の弾性充填材36で埋めることもできる。これにより、圧電スタック30、加圧部材31, 32、スペーサ33との間が固定され、これらの部材の間を確実に同軸上（それぞれの中心軸が一致するよう配列する）に配置して、互いの位置ズレが生じ難くなる。

【0053】(比較例) 本例の積層型圧電体素子8は、本例と同様に圧電層13と内部電極層11, 12とを交互に積層した圧電スタック10よりもなる。ただし、圧電スタック10の両端面103, 104と対面する加圧部材81, 82の対向面が平らである。そのため、駆動時には図14に示すごとく、両端面103, 104が膨らんで、駆動前は加圧部材81, 82の対向面と全面で接触していた状態が、部分的な接触接觸となってしまう。また、駆動部151と非駆動部152との間で大きな応力が生じる。

【図面の簡単な説明】

50 【図1】実施例1における、積層型圧電体素子の説明

11

図。

【図2】実施例1における、内部電極層を設けた圧電層の説明図。

【図3】実施例1における、圧電スタックの端面を示す平面図。

【図4】実施例1における、加圧部材の斜視図。

【図5】図1にかかる積層型圧電体素子の駆動時の説明図。

【図6】実施例1における、傾斜角θの説明図。

【図7】実施例2における、駆動時における圧電スタック端面の変形に沿った形状の対向面を有する加圧部材を有する積層型圧電体素子の説明図。

【図8】実施例3における、圧電スタックの端面に凹部を設けた積層型圧電体素子の説明図。

【図9】実施例4における、加圧部材の圧電スタックの端面との対向面に別体の凸部を設けた積層型圧電体素子の説明図。

【図10】実施例4における、加圧部材の圧電スタックの端面との対向面に一体の凸部を設けた積層型圧電体素子の説明図。

【図11】実施例5における、内部に中空部を備えた圧電スタックよりなる積層型圧電体素子の説明図。

【図12】実施例6における、複数の圧電スタックを積

層した積層型圧電体素子の説明図。

【図13】実施例6における、複数の圧電スタックを積層し、スペーサと圧電スタックの間、加圧部材と圧電スタックの間に弾性充填材を充填した積層型圧電体素子の説明図。

【図14】比較例にかかる、加圧部材の圧電スタックと対面する面が平面の積層型圧電体素子の説明図。

【図15】従来例にかかる、積層型圧電体素子の説明図。

10 【図16】従来例にかかる、内部電極層を設けた圧電層の説明図。

【符号の説明】

1 . . . 積層型圧電体素子,

10 . . . 圧電スタック,

103, 104 . . . 端面,

11, 12 . . . 内部電極層,

13 . . . 圧電層,

14 . . . 外部電極,

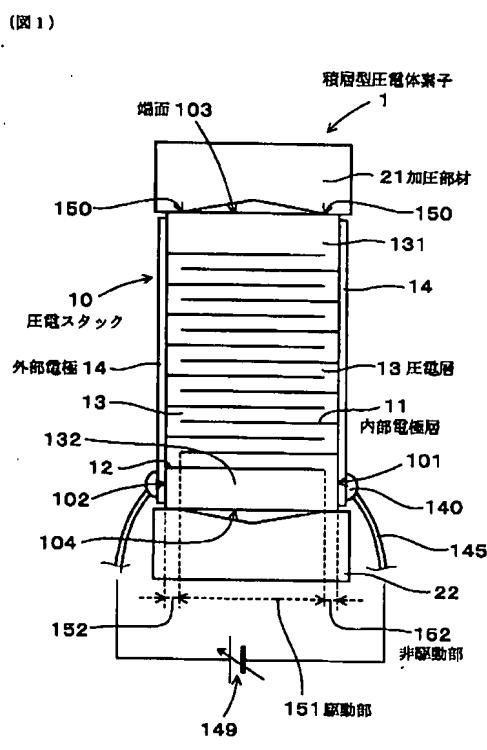
150 . . . 境界,

20 151 . . . 駆動部,

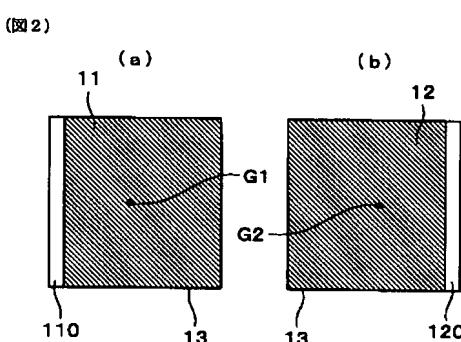
152 . . . 非駆動部,

21, 22 . . . 加圧部材,

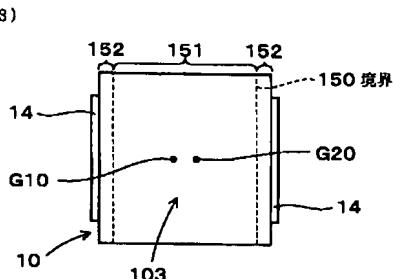
【図1】



【図2】

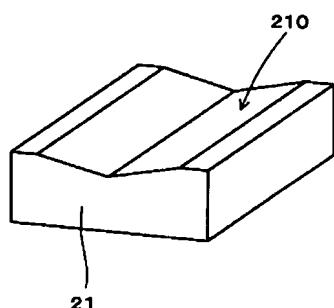


【図3】



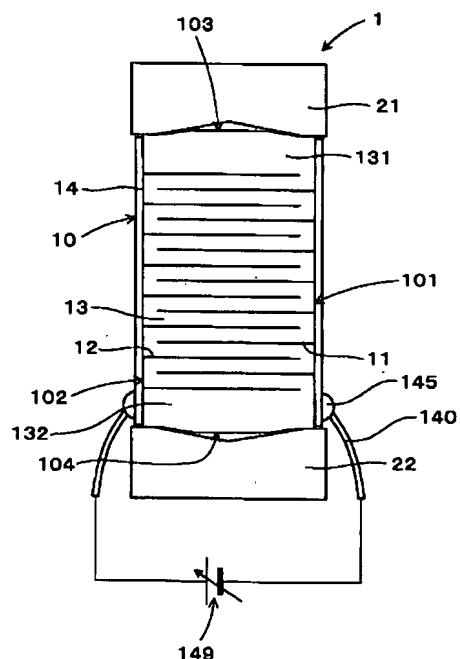
【図4】

(図4)

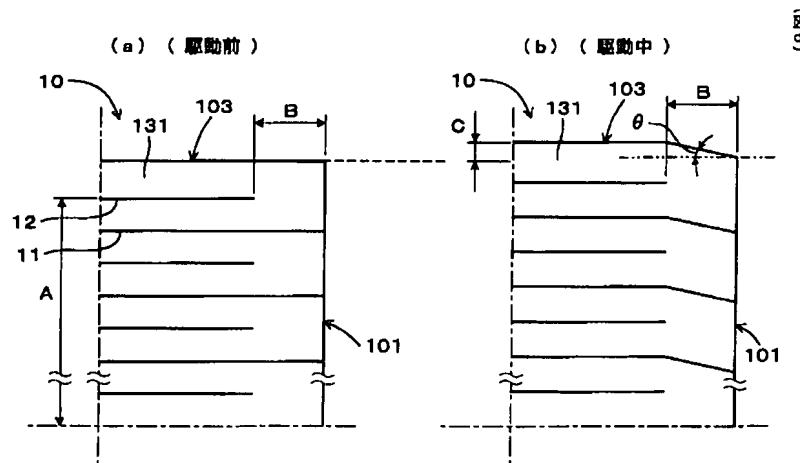


【図5】

(図5)

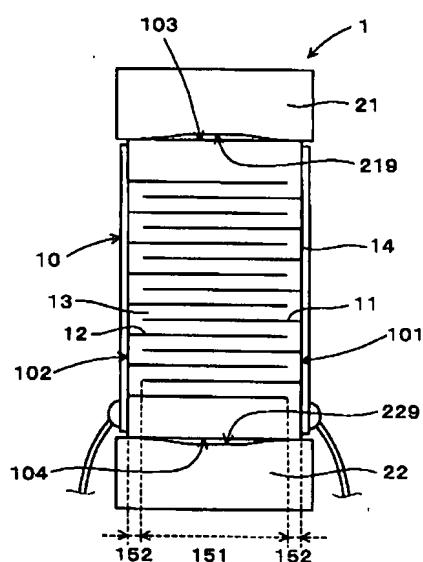


【図6】



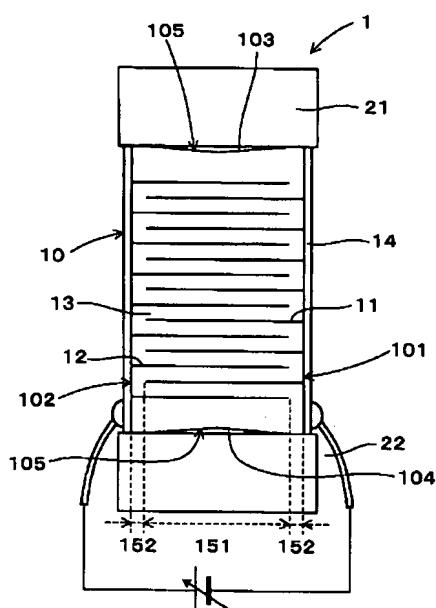
【図7】

(図7)



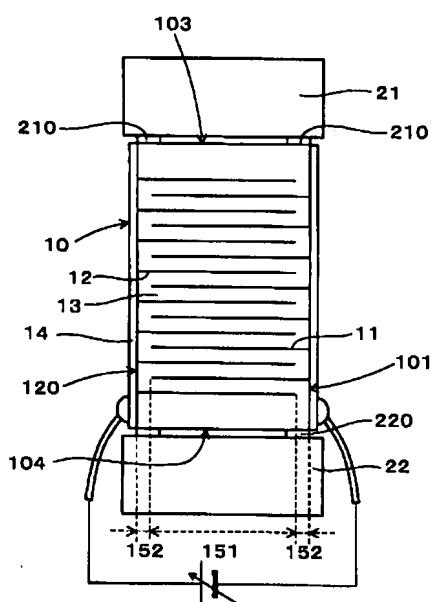
【図8】

(図8)



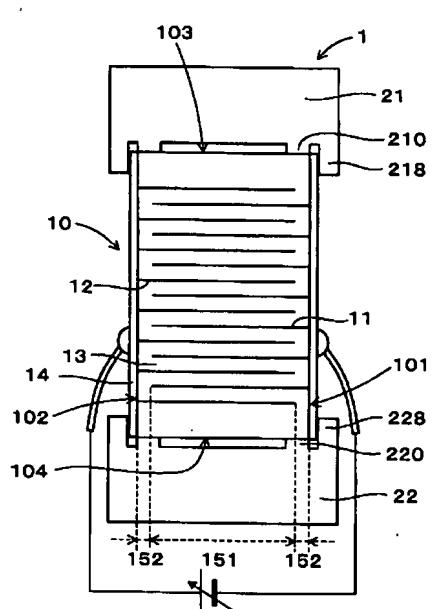
【図9】

(図9)

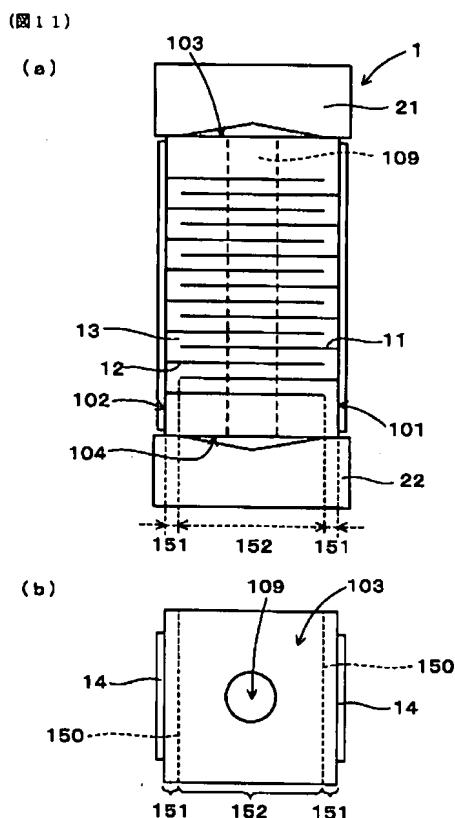


【図10】

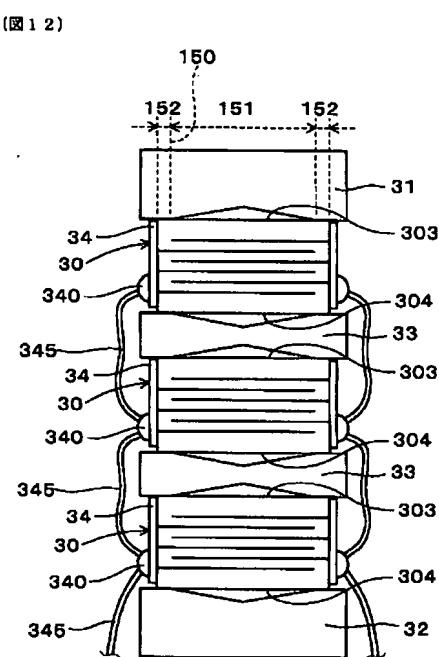
(図10)



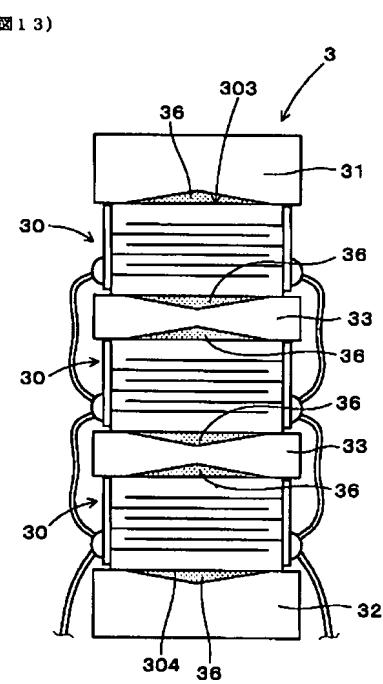
【図11】



【図12】

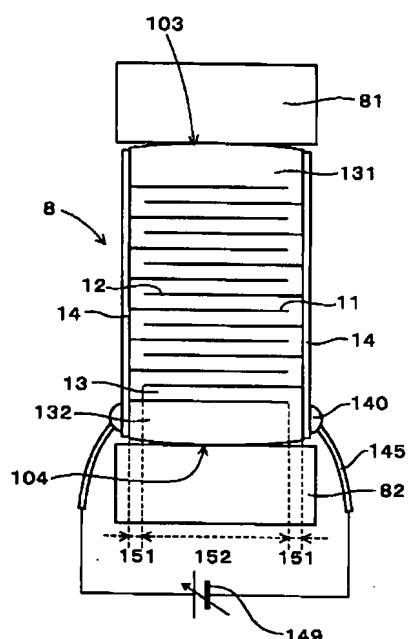


【図13】



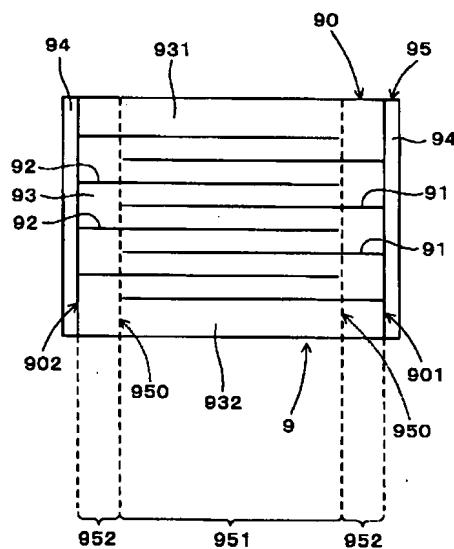
【図14】

(図14) (比較例)



【図15】

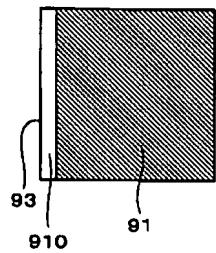
(図15)



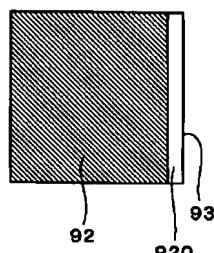
【図16】

(図16)

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 小林 正幸
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 山本 孝史
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内